

Pérdida de suelos por erosión hídrica en laderas semiáridas de la subcuenca Cairani-Camilaca, Perú

Soil loss due to water erosion on semi-arid slopes of the Cairani-Camilaca sub basin, Perú

Francisco Condori Tintaya^{1*}, Edwin Pino Vargas¹, Príncipe Tacora Villegas¹

RESUMEN

Se aplicó el modelo EUPS (Ecuación Universal de Pérdida de Suelos), integrado al Sistema de Información Geográfica (SIG), para determinar la erosión hídrica en la subcuenca Cairani-Camilaca, que es un tributario de la cuenca del río Locumba. La erosión de los suelos es un fenómeno medioambiental silencioso y poco valorado por las instituciones tomadoras de decisiones, que en un corto o mediano plazo puede poner en riesgo la seguridad alimentaria, principalmente de las comunidades altoandinas de la región. La investigación determinó tasas de erosión moderada (10-50 t/ha/año) en el 68,56% del ámbito de estudio y la identificación de las áreas sensibles está expresada en material cartográfico de estados erosivos.

Palabras clave: erosión, cuencas, UEPS, SIG.

ABSTRACT

The EUPS (Universal Soil Loss Equation) model was applied, integrated into the Geographic Information System (GIS), to determine water erosion in the Cairani-Camilaca sub-basin, which is a tributary of the Locumba river basin. Soil erosion is a silent environmental phenomenon and little valued by decision-making institutions, which in the short or medium term can put food security at risk, mainly of the high Andean communities of the region. The study determined, moderate erosion rates (10-50 t/ha/year) in 68.56% of the study area and the identification of sensitive areas are expressed in cartographic material of erosive states.

Keywords: erosion, watersheds, LIFO, GIS.

Introducción

Los problemas ambientales, como la degradación de los suelos, son un tema silencioso, ignorado por los actores políticos relacionados con el sector, debido a que no es valorada en su justa dimensión la importancia del suelo como un recurso natural para garantizar la seguridad alimentaria, principalmente de las comunidades altoandinas del país (Rubio, J, 2015). Sin embargo, la realidad nos pone en evidencia que el deterioro ambiental es una amenaza real, seria y que pone en peligro la seguridad alimentaria actual y futura (SEMARNAT, 2009). Existen muchos estudios en el Perú y el mundo sobre los efectos negativos que producen los fenómenos erosivos, como los de Mazuela (2013), Alvarado *et al.* (2007), Rosas y Gutiérrez (2016), quienes sostienen que la erosión

es un problema relacionado con la alta presión en el uso de los suelos, malas prácticas agrícolas y la acción antrópica irresponsable. En este sentido, los problemas de erosión son mayores en zonas con altas precipitaciones pluviales, pendientes pronunciadas y carencia de políticas de uso y aprovechamiento del recurso suelo. Según Burbano-Orjuela (2016), este recurso está al límite o en una muy mala situación. El problema erosivo de los suelos no es ajeno en las cuencas semiáridas y áridas de la región Tacna, donde los rendimientos de los principales cultivos como papa, maíz, orégano, alfalfa, no son los mismos en comparación con décadas pasadas y, como consecuencia, aproximadamente el 50% de la población ha migrado a valles de costa y gran parte a la ciudad de Tacna. En este contexto, Bernal Gómez (2006) señala que para tomar acciones de

¹ Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann (UNJBG), Tacna, Perú.

* Autor para correspondencia: fcondorit@unjbg.edu.pe

control, se requiere realizar una adecuada medición y evaluación, a fin de establecer las relaciones causa-efecto de los problemas generados por la erosión hídrica. Por esta razón, en el estudio se tuvo como objetivo medir la erosión en la subcuenca Cairani-Camilaca, para lo cual se ha aplicado la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS), método desarrollado por (Wischmeier, W. H. and Smith, 1958).

Materiales y métodos

Ámbito de estudio: la subcuenca Cairani-Camilaca es tributario de la cuenca del río Locumba, con altitudes que varían desde 2000 hasta 4600 msnm. El clima es típico de regiones semiáridas, con valores promedios de 15,5 °C y 3,4 °C, y valores extremos de -2 a -3 °C, en los meses de junio, julio y agosto. Las precipitaciones medias anuales son de 172 mm y el 94% ocurren en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo. Morfológicamente, la subcuenca tiene un drenaje exorreico, debido a que sus aguas drenadas desembocan en el río Ilabaya, que es tributario del río Locumba. Según el coeficiente de Gravilius ($C_g = 1,65$), corresponde a una forma oblonga. El área total de la subcuenca es de 76,53 km² y un perímetro de 114,04 km, y está caracterizada por una topografía de pendientes escarpadas (> 75°) en las zonas altas y bajas del perfil, tanto en su flanco izquierdo (Cairani) como en el derecho (Camilaca), y pendientes inclinadas (10°-15°) en las zonas medias de Cairani y Camilaca respectivamente. En cuanto al uso de los suelos, 2448 ha están orientadas para desarrollar cultivos y se localizan tanto en el flanco izquierdo como en el derecho del valle. Los cultivos más importantes son orégano, papa, maíz y habas.

Software: software ArcGIS, extensiones: 3D Analyst for ArcGIS y Spatial Analyst for ArcGIS

Determinación de pérdida de suelo por erosión hídrica: se aplicó el método Ecuación Universal de Pérdida de Suelos de Wischmeier y Smith (1978), cuya ecuación matemática considera cinco factores: Donde A es la variable dependiente: pérdida de suelos (t/ha/año); variables independientes: erosividad (R), erodabilidad (K), pendiente (S), longitud de pendiente (L), cobertura vegetal (C) y prácticas de conservación de suelos (P) (Delgado, 2020).

$$A = R \cdot K \cdot S \cdot L \cdot C \cdot P$$

Factor erosividad (R): se utilizó información de precipitaciones proporcionadas por la oficina del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología Dirección Regional Zonal 7 (SENAMHI-Tacna), del periodo 1964 a 2019, a partir del cual, el factor R se estimó por el método Índice Modificado de Fournier (IMF) (Arnoldus, 1978), citado en (Echeverri y Moncayo, 2010) y (Besteiro y Delgado, 2011).

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P_t}$$

Donde:

IMF = Índice Modificado de Fournier.

P_i = Precipitación media mensual (mm).

P_t = Precipitación media anual (mm).

i = Mes.

Factor erodabilidad (K): el factor K se determinó en base de los resultados fisicoquímicos de 36 muestras de suelo (textura, estructura y materia orgánica) y se calculó resolviendo la ecuación de Williams *et al.* (1990) citado en (Flores López *et al.*, 2003).

Factor pendiente y longitud de pendiente (LS): impacto que genera la inclinación de la pendiente y la longitud de esta en la erosión de los suelos. Este factor se determinó por el método indicado por Colín *et al.* (2013).

a) Longitud del terreno

$$L = \left[\frac{\lambda}{22,13} \right]^m$$

Donde:

λ = Longitud de la pendiente (m).

m = Exponente que depende del grado de pendiente y se define en la ecuación (5).

$$m = \frac{\beta}{(\beta + 1)}$$

β se define en la ecuación.

$$\beta = \frac{\text{Sen}\theta}{3(\text{Sen}\theta)^{0,8} + 0,56}$$

Donde:

θ = Ángulo de inclinación del terreno.

b) Longitud de la pendiente del terreno (S)

$$S = 13,8 \text{ Sen } \theta + 0,03; \text{ Si } S < 9\%$$

$$S = 16,8 \text{ Sen } \theta - 0,50; \text{ Si } S \geq 9\%$$

Factor cobertura vegetal (C): expresa en qué medida la cobertura vegetal existente en el medio amortigua la energía cinética de las gotas de lluvia, para reducir la erosión. Este factor se obtuvo aplicando los métodos planteados por (Soria *et al.*, 2006).

$$\text{NDVI} = \frac{\text{PIR} - \text{VIS}}{\text{PIR} + \text{VIS}}$$

Donde:

NDVI = Índice Normalizado de Diferenciación de la Vegetación.

PIR = Banda infrarrojo cercano.

VIS = Banda roja visible.

Factor prácticas de conservación de suelos (P): se determinó por los métodos indicados en el Manual de Agricultura N° 537 de (Wischmeier y Smith, 1978).

Resultados y discusión

Factor erosividad de la lluvia (R)

Para determinar el factor R se utilizó información de precipitaciones de 5 estaciones climatológicas (Tabla 1). Según la clasificación de zonas secas de Meigs (1953), citado por (Salas, 2000), las precipitaciones (pp) de la estación Ilabaya (< 25 mm) corresponden a zona climática hiperárida, mientras que las de Cairani, Candarave y Tacalaya (25-200 mm) corresponden a zona climática árida, y solo la estación Humalzo (200-500 mm) está en el nivel de zona semiárida.

En cuanto a la concentración de las pp, según la clasificación de Oliver (1980), citado por (Lince y Castro, 2015), el Índice de Concentración (ICP) clasifica el nivel de uniformidad de las pp

y, por lo tanto, las estaciones Ilabaya, Tacalaya, Candarave y Cairani son altamente estacionales (ICP = 21 a 25). Solo la estación Humalzo tiene comportamiento estacional (ICP = 16 a 20). Las precipitaciones en las cinco estaciones utilizadas, periodo 1964-2019, ocurren mayormente entre los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, mientras que en el resto de los meses son entre nulas y poco significativas (< 2 mm) (Figura 1).

La erosividad se evaluó mediante la estimación del Índice de Fournier Modificado (IFM), el cual expresa el potencial erosivo de las lluvias de acuerdo a la precipitación mensual. En el flanco Cairani, las zonas de Calacala, Yarabamba y Pailogena son las áreas donde las lluvias se manifiestan con mayor potencial erosivo con valores R de 101,40 a 103,70 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹, y en el flanco Camilaca, Vilavila y Cotaña con valores 101,20 y 109,09 70 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹ respectivamente, los cuales están considerados según (Ilbay-yupa *et al.*, 2019) en la categoría moderada.

Existe una correlación entre la altitud y la intensidad erosiva de las lluvias (r = 0,72). Los parámetros estadísticos como desviación estándar (S = 4,57) y coeficiente de variación (CV = 4,59%) indican que las variaciones en el ámbito de estudio no son significativas.

En cuanto a la distribución espacial del factor R (Figura 2), los niveles bajos (60-90 MJ.mm/ha.hr) se manifiestan solo en el 1,65% de la superficie total de la subcuenca, mientras que el nivel moderado (90-120 MJ.mm/ha.hr) se expresa en el 98,07% de la superficie, y niveles altos (120-160 MJ.mm/ha.hr) solo ocurren en el 0,22% de la superficie total de la subcuenca.

Factor erodabilidad del suelo (K)

El factor erodabilidad o factor K expresa la susceptibilidad del suelo a sufrir pérdidas por

Tabla 1. Estaciones climatológicas utilizadas para determinar factor R.

Nombre de la estación	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)	pp. prom. Anual
Ilabaya	70° 31'	17° 25'	1425	14,34
Cairani	70° 22'	17° 17'	3205	112,66
Tacalaya	70° 25'	17° 03'	4400	106,05
Candarave	70° 15'	17° 16'	3415	177,33
Humalzo	70° 25'	16° 52'	4609	370,13

Fuente: SENAMHI-Tacna.

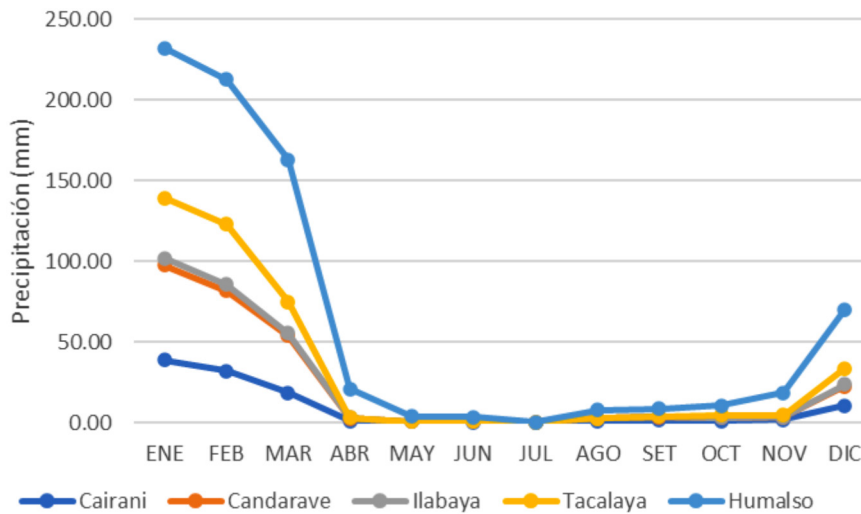


Figura 1. Precipitación media mensual estaciones climatológicas, ámbito de estudio.

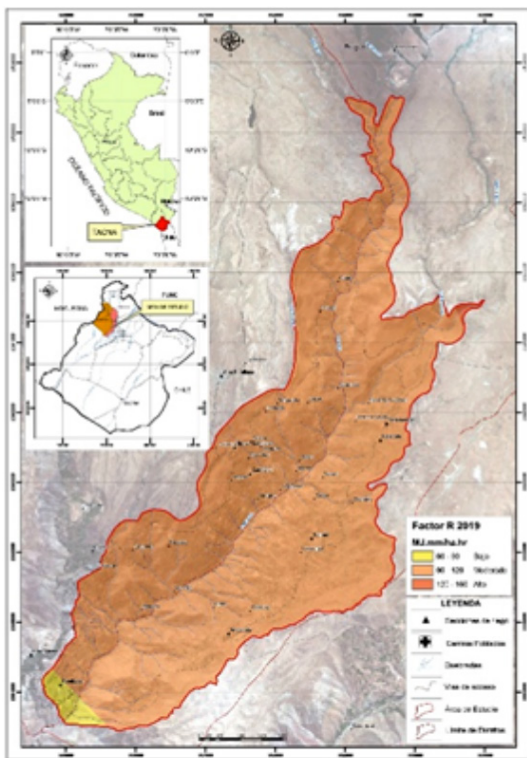


Figura 2. Comportamientos factor R.

erosión, o la fragilidad de los suelos ante las lluvias, en función de características edáficas como textura, estructura, permeabilidad, estabilidad de agregados, pedregosidad superficial (Piscitelli *et al.*, 2010). Las tierras de cultivo están conformadas

por depósitos coluvio-aluviales y forman parte de terrazas. Actualmente se aprovechan para desarrollar cultivos permanentes y de campaña. Los suelos están formados generalmente por más de una clase textural. Las tres fracciones de tamaño de partículas (% arena, % limo y % arcilla) están presentes en mayor o menor proporción. El porcentaje de cada una de esas fracciones es lo que finalmente determina la textura del suelo. Los resultados del análisis físico de suelos indican que existe una homogeneidad en contenido de arena (CV = 7,68%), limo (CV = 9,99%), mas no así en contenido de arcilla donde el CV = 31,76%.

Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), Sistema de la Asociación Internacional de la Ciencia del Suelo (ISSS), citados en (López, 2006), estos suelos (Tabla 2) son franco arenosos (Fr.A) considerados como suelos de textura gruesa y tienen como principal característica una baja capacidad para retener agua y nutrientes, sobre todo nitrógeno nítrico, debido a su alto potencial de pérdida por volatilización (Castellanos, 2010).

Los valores del factor K (Figura 3) tienen un comportamiento relativamente homogéneo (CV= 26%), con rango inferior de 0,0193 t. ha.hr/MJ.mm. ha y el superior de 0,0435 t. ha.hr/MJ.mm.ha. Estos valores concuerdan con las zonas de cultivo donde los niveles de materia orgánica están en niveles mayores de 3%, hasta máximos de 4,8%. Los valores K altos se hallan en zonas degradadas por la erosión hídrica y que corresponden a suelos

Tabla 2. Características físicas e hídricas de los suelos representativos, subcuenca Cairani-Camilaca.

Poblado	Sector	M.O. %	Análisis Mecánico			
			Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural
Ancocala	Cercado	3.07	64	23	13	Fr.A.
Cairani	Secc. Ladera	1.99	54	35	11	Fr.A.
Yarabamba	Secc. Pairomani	0.05	76	19	5	A.Fr.
Camilaca	Secc. Tomacucho	1.37	64	23	13	Fr.A.
Camilaca	Secc. Tapaque	2.56	54	35	11	Fr.A.
Camilaca	Secc. Guatamolle	0.86	76	19	5	Fr.A.

(Fr. A) Franco Arenoso, (A. Fr) Arena Franca.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

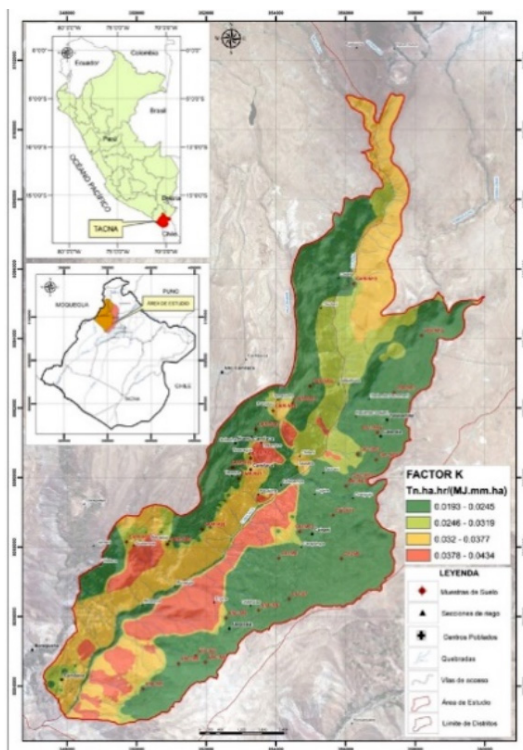


Figura 3. Comportamiento factor K.

no aptos para cultivos por ser terrenos o áreas con fuerte pendiente.

Factor pendiente, longitud de la pendiente (LS)

Se estimó a través de métodos de teledetección, para lo cual se utilizaron imágenes satelitales LandSat 5-8, que fueron integradas al sistema de información geográfica (ArcGis). Este software permitió expresar los valores del factor LS en una imagen ráster con base en el algoritmo planteado

en la parte metodológica (López *et al.*, 1990). Los valores del factor LS (Tabla 3) son los indicados en Ramos, 2001, citado por Domingo M. Portuguez M., 2014.

Inclinación de la pendiente

En el flanco Cairani la inclinación promedio de la ladera es de 37°, a diferencia del flanco Camilaca que tiene un promedio de 47°. Estos valores, según Fidel y otros (2006), citado por (Gómez and Libertad-Perú, 2019) y (Salinas Chávez *et al.*, 2019), están considerados como inclinación fuerte y muy fuerte respectivamente. Sin embargo, en las cotas medias de la ladera existen pequeñas llanuras y lomadas, donde la pendiente es menor y es allí donde se desarrolla más intensamente la actividad agrícola.

Longitud de la pendiente

En la cota más baja del perfil longitudinal la profundidad es mayor (925,9 m) y está situada en

Tabla 3. Valores del factor LS para diferentes pendientes.

Grupo de pendientes en %	Factor LS
0 – 3	0,3
3 – 12	1,5
12 – 18	3,4
18 – 24	5,6
24 – 30	8,7
30 – 60	14,6
60 – 70	20,2
70 – 100	25,2
> 100	28,5

Fuente: Ramos, 2001.

Hachahueco (Ancocala y poblado de Borogueña), mientras que en la cota más alta, sección Cotaña y Tomacucho, la profundidad es de 541,2 y 177,8 m respectivamente.

El comportamiento de la inclinación y longitud de la pendiente (Figura 4) es muy irregular, por lo tanto, los valores LS muestran también valores heterogéneos (CV = 33%).

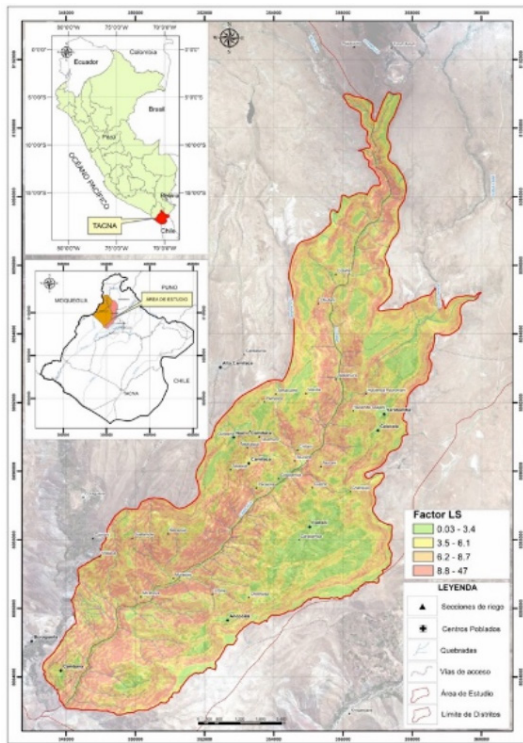


Figura 4. Comportamiento factor LS.

Factor cobertura y manejo de vegetación (C)

Ambas zonas, Cairani y Camilaca, mantienen el mismo régimen climático, fisiográfico, cédula de cultivos, costumbres y tradiciones, en consecuencia, la cobertura vegetal presenta el mismo comportamiento temporal, destacando dos momentos definidos: época de lluvias desde noviembre hasta marzo del año siguiente y época seca, desde abril-mayo hasta octubre. En la época lluviosa, como es natural, se desarrollan todos los cultivos y la vegetación natural, por lo tanto, la cobertura vegetal está en su máximo nivel (enero, febrero y marzo, con 73%, 81% y 90%), mientras que en la época seca solo se mantienen los cultivos permanentes como el orégano y la alfalfa en sus diferentes estados de desarrollo. En esta época, los valores de la cobertura vegetal son menores (mayo, junio, julio, con promedio de 19%). Este comportamiento se muestra en la Figura 5 y su distribución espacial en la Figura 6.

Factor prácticas de conservación (P)

En cuanto a los valores del factor P, en el caso de que no existan labores de conservación el valor es de 1 (Portuguez M., 2015). Este valor corresponde a zonas de fuerte pendiente y zonas con andenería abandonadas generalmente localizadas en partes altas de la ladera del valle. Los suelos con pendientes moderadas son aprovechados para la agricultura bajo sistema de terrazas (andenes), lo cual de alguna manera evidencia prácticas de conservación, y por esta razón tomaron valores P de 0,7 a 0,9.

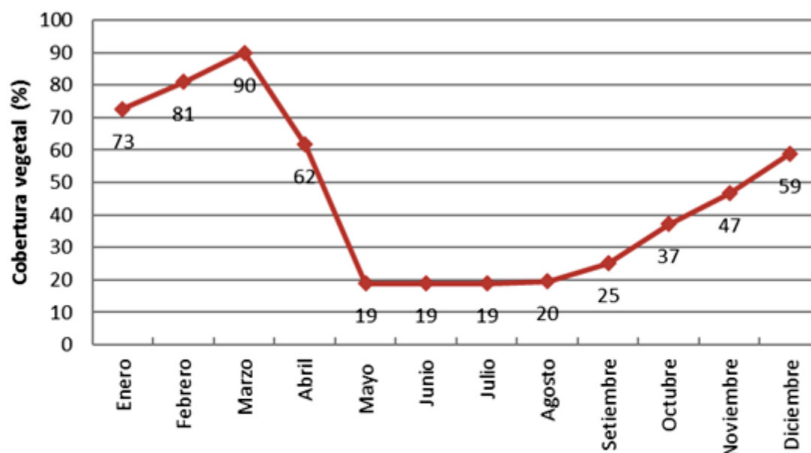


Figura 5. Comportamiento de la cobertura vegetal áreas naturales y agrícolas según la temporalidad.

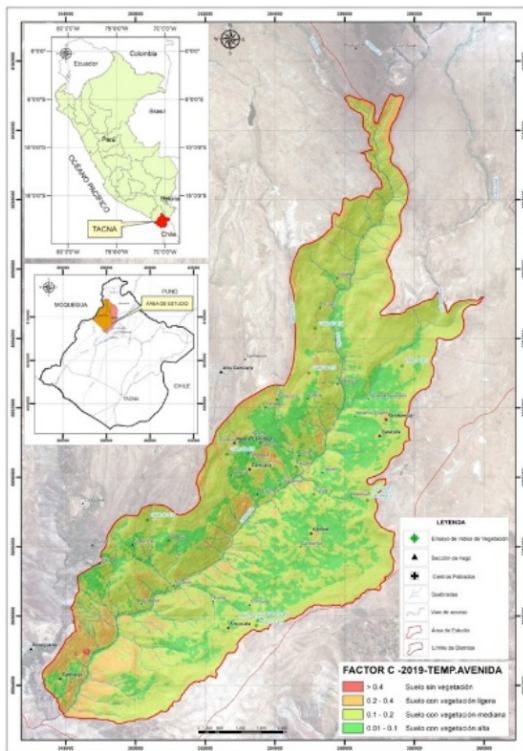


Figura 6. Comportamiento factor C.

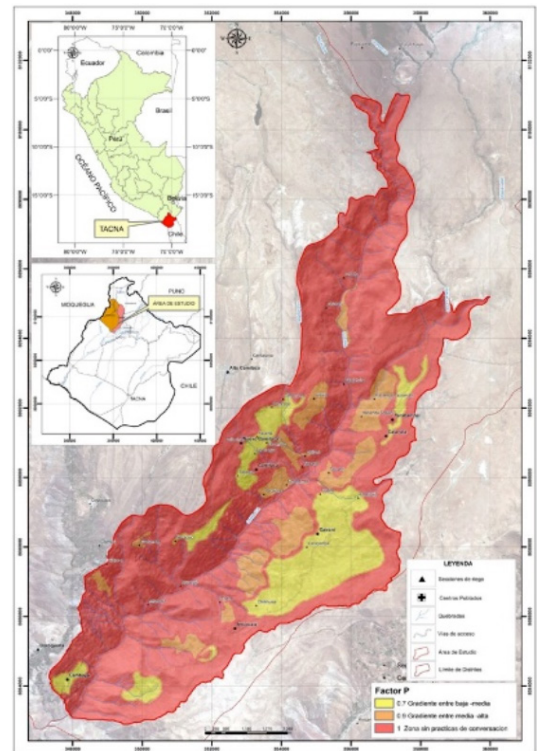


Figura 7. Comportamiento factor P.

La Figura 7 muestra la distribución espacial de los suelos conservados y sin conservación. Los suelos con prácticas de conservación (6%) y moderadas prácticas corresponden a áreas dedicadas a cultivos (19%). Las áreas sin prácticas de conservación corresponden a superficies de andenes abandonadas y áreas naturales con vegetación silvestre, áreas de quebradas, cárcavas y lecho de río (75%).

Erosión actual y potencial

Según (Wischmeier, W. H., and Smith, 1978), los factores que intervienen en el modelo USLE son R, K, LS, P y C. La integración de estos factores determina la erosión actual y la intervención solo de los factores R, K, LS la erosión potencial, ambos expresados en t/ha/año. Los niveles de la erosión actual y potencial están ubicados dentro de la erosión leve (< 10 t/ha/año), que involucra al 31,35% de la superficie de la subcuenca, y moderada (10-50 t/ha/año), que representa el 68,56%. En términos generales, los mayores niveles de erosión actual están en el flanco Camilaca con promedio de 15,5 t/ha/año, en comparación con el flanco

Cairani donde el promedio de la erosión es de 10,3 t/ha/año (Figura 8).

Respecto a la erosión hídrica potencial, los valores máximos fueron de 45,7 t/ha/año, la mínima de 7 t/ha/año, una media de 20,9 t/ha/año, con una desviación estándar de 10,9 t/ha/año. Según la escala citada por (Gaitán *et al.*, 2017), estos valores corresponden a un nivel de erosión moderada (Tabla 4). Al igual que la erosión actual, la erosión potencial mostró una heterogeneidad con CV = 52%.

Los mayores valores de erosión potencial se observaron en el flanco Camilaca con promedio de 22,5 t/ha/año, respecto a Cairani que presentó un valor de 18,9 t/ha/año. Esta variación podría explicarse porque Camilaca tiene laderas con mayor inclinación (promedio 83%), en relación con Cairani (promedio 66%). Por otra parte, en Camilaca no son muy habituales las prácticas de conservación, a diferencia de Cairani, donde la conservación es periódica, hasta 2 veces al año (Figura 9).

Según (Huerta y Loli, 2014), los niveles de erosión indicados están por encima de los valores permisibles establecidos por la FAO (0,4-1,8 t/ha/año). Otros autores como Stutzel, 2019, citado

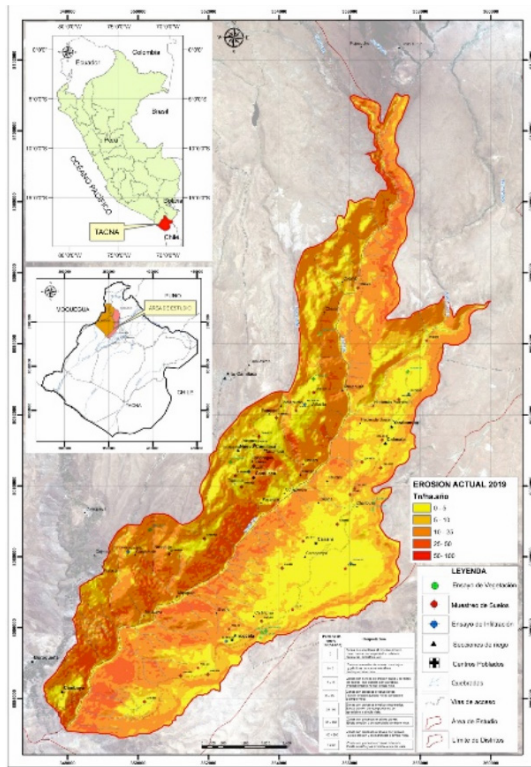


Figura 8. Distribución erosión actual.

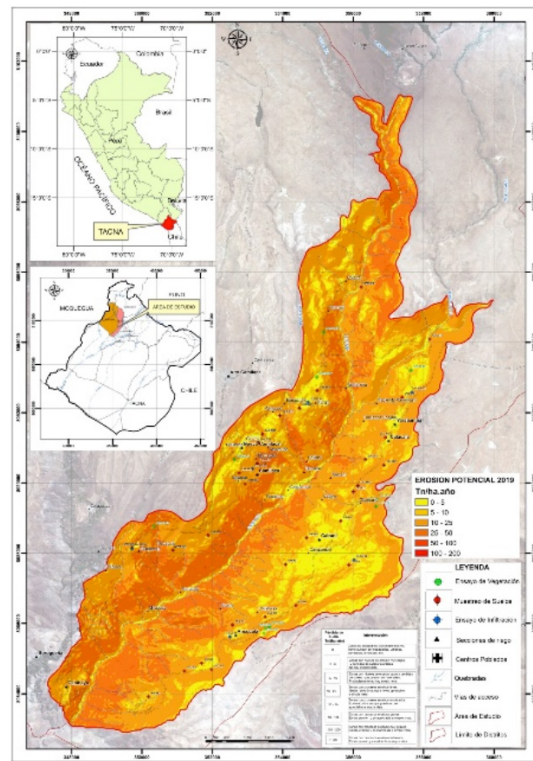


Figura 9. Distribución erosión potencial.

Tabla 4. Distribución espacial de los niveles de erosión actual y potencial (t/ha/año) en la subcuenca Cairani-Camilaca.

Clase de erosión	Niveles de pérdida de suelo(t/ha/año)	ha	%
Leve	< 10	2398,86	31,35
Moderada	10 – 50	5246,76	68,56
Alta	50 – 200	7,17	0,09
Muy alta	> 200	0,00	0,00
Total		7652,79	100,00

Fuente: Elaboración propia, 2019.

por (Gaitán *et al.*, 2017), sostienen que este límite podría ser de 1 a 2 t/ha/año.; Por lo tanto, valores de erosión por encima de los permisibles, en definitiva, vienen reduciendo la capacidad productiva de los suelos de la subcuenca. Al respecto, la información de campo evidencia suelos poco profundos (< a 30 cm), suelos mayormente de textura franco arenosa, bajo contenido de materia orgánica (< a 3%) y alto porcentaje de modificador textural, características

físicas típicas de suelos erosionados, lo cual se traduce en baja capacidad productiva.

Conclusiones

Los niveles de erosión hídrica determinados en la subcuenca Cairani-Camilaca, en promedio corresponden al nivel moderado (erosión actual 10,68 t/ha/año) y erosión potencial 18,20 t/ha/año). Sin embargo, estos valores pueden ser mayores si se considera la erosión hídrica producida por el agua de riego y la erosión eólica, que son evidentes, pero que en este estudio no están contemplados.

Los niveles de erosión determinados en la actualidad para la subcuenca Cairani-Camilaca tienen un impacto real en la capacidad productiva de los suelos. Además causan un efecto socioeconómico directo y esta puede ser la razón central de los procesos de migración no solo de personas jóvenes, sino también de familias enteras, para desarrollar actividades agrícolas en valles de costa y actividades económicas no agrícolas mayormente en la ciudad de Tacna.

Literatura citada

- Alvarado C.; Miguel; Colmenero R., Aurelio; Valderrábano A., M. de la L.
2007. La erosión hídrica del suelo en un contexto ambiental, en el estado de Tlaxcala, México. *Ciencia Ergo Sum*, 14: 317-326.
- Bernal Gómez, G.
2006. X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. La microbiología de suelos en el Ecuador: X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. *X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*, 1-12.
- Besteiro, S.; Delgado, M.
2011. Evaluación de la agresividad de las precipitaciones en la cuenca del Arroyo El Pescado, provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 110(2): 82-90.
- Burbano-Orjuela, H.
2016. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117.
- Castellanos, J.Z.
2010. Guía para la interpretación del análisis de suelo y agua. Intagri. 20 p.
- Colín-García, G.; Ibáñez-Castillo, L.A.; Reyes-Sánchez, J.; Arteaga-Ramírez, R.
2013. Diagnóstico de la erosión hídrica de la cuenca del río Pichucalco. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 5(1): 23-31.
- Delgado, J.
2020. Estimation of soil loss using the USLE model and GIS tools in the Chillón river basin, Lima, Perú. *South Sustainability*, 1: 1-11.
- Echeverri, L.; Humberto, F.; Moncayo, O.
2010. Rainfall Erosivity in the South Center Zone of the Department of Caldas, Colombia. Erosividad de las lluvias en la región Centro-Sur del Departamento de Caldas, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 63(1): 5307-5318.
- Flores López, H.E.; Martínez Menes, M.; Oropeza Mota, J.L.; Mejía Saens, E.; Carrillo González, R.
2003. Integración de la EUPS a un SIG para estimar la erosión hídrica del suelo en una cuenca hidrográfica de Tepatitlán, Jalisco, México. *Terra Latinoamericana*, 21: 233-244.
- Gaitán, J.; Navarro, M.; Tenti, L.; Pizarro, M.; Rigo, P.
2017. Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina. INTA-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina. 72 p.
- Huerta Fernández, P.; Loli Figueroa, O.
2014. Erosión hídrica en la cuenca alta del río Moche. *Ecol. apl.* 13(1): 15-22.
- Ilbay-yupa, M.; Barragán, R.Z.; Waldo, L.C.
2019. Regionalización de la precipitación, su agresividad y concentración en la cuenca del río Guayas, Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencia de La Vida*, 30(2): 57-76.
- Lince-Salazar, L.; Castro-Quintero, A.
2015. Erosividad de la lluvia en la región cafetera de Quindío, Colombia. *Revista Cenicafé*, 66(1): 25-31.
- López, A.J.
2006. Manual de Edafología. *Media*, 806 (Enero): 1-92.
- López Lara, E.; Posada Simeón, C.; Moreno Navarro, J.
1990. Los sistemas de información geográfica. I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía: Andalucía en el umbral del siglo XXI. 789-804.
- Mazuela, P.C.
2013. Agricultura en zonas áridas y semiáridas. *Idesia (Arica)*, 31(2): 3-4.
- Piscitelli, M.; Varni, M.; Sfeir, A.; Ares, G.
2010. Valores de erodabilidad (factor K-USLE) para suelos representativos de la cuenca alta del arroyo Azul (partido de Azul- Buenos Aires). *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 109(1): 17-22.
- Portuguez M., D.M.
2015. Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca del río Siguanas utilizando Geoinformática. *Anales Científicos*, 76(2): 324.
- INGEMMET.
2019. Evaluación de peligros geológicos y geohidrológicos de los centros poblados Chagual y Juan El Oso. Región La Libertad, Provincia Pataz, Distrito de Pataz, Perú. 30 p.
- Rosas, M.; Gutiérrez, R.
2016. Cuantificación de la erosión hídrica en el Perú. *Civilizate*, 8: 7-9.
- Rubio, J.
2015. Degradación de suelos. Portal de Suelos de la FAO, 28, 5.
- Salas, J.D.
2000. Hidrología de zonas áridas y semiáridas. *Ingeniería del Agua*, 7(4): 409.
- Salinas Chávez, E.; García, A.E.; Miravet Sánchez, B.L.; Remond Noa, R.; Cruañas López, E.
2019. Delimitación, clasificación y cartografía de los paisajes de la cuenca Ariguanabo, Cuba, mediante el uso de los SIG. *Revista Geográfica*, 154: 9-30.
- SEMARNAT
2009. Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F. 84 p.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D.
1978. *Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation plannig*. U.S. Department. of Agriculture. Agriculture Handbook N° 537. 58 p.

